УДК 622.24.05

ВЛИЯНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ШТАНГ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН

А.П. Слистин

Юргинский технологический институт Томского политехнического университета
E-mail: yftpu@mail.ru

Обоснованы принципы расчета прохождения продольных волн через резьбовые соединения буровых штанг – муфтового и ниппельного типов. Показано, что при прохождении волны сжатия через соединение с зазорами в резьбе основное влияние на трансформацию волны оказывает стык штанг, в остальных случаях соединение можно считать препятствием в виде участка конечной длины с измененной площадью поперечного сечения.

Бурение скважин малого диаметра включает в себя процесс передачи ударного воздействия бойка через ударный инструмент на забой скважины. Изменение параметров ударного инструмента рассматривается как препятствие для распространяющейся волны. Анализ работы современных конструкций резьбовых соединений штанг ударного инструмента (рис. 1) показывает, что суммарные нагрузки, действующие в соединении, складываются из нагрузок вызванных действием усилия предварительного поджатия и крутящего момента (статические нагрузки), и нагрузок, возникающих при прохождении продольной волны. Задача об определении нагрузок, вызванных действием осевого усилия и крутящего момента, подробно рассмотрена в [1, 2].

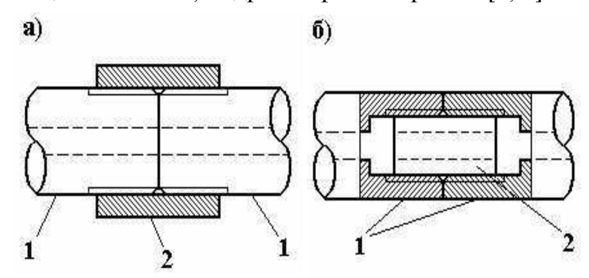


Рис. 1. *Типы соединений буровых штанг: а) муфтовое, б) ниппельное. 1) ударные штанги, 2) соединительный элемент*

На рис. 2 представлены типичные зависимости законов распределения продольной силы в ударных штангах и соединительном элементе по длине соединения, как для муфтового, так и для ниппельного. Отметим, что максимальные усилия возникают в середине соединительного элемента (стык штанг), причем штанги испытывают сжатие (рис. 2, *б*), а соединительный элемент – растяжение (рис. 2, *в*). Расчеты, произведенные по формулам [1], показывают, что для применяемых на практике типов соединений максимальное усилие в резьбе в большинстве случаев не превышает $3\cdot10^4$ Н.

Анализ статического состояния соединения приводит к выводу, что при постоянной величине крутящего момента увеличение усилия подачи ударного инструмента уменьшает максимальное усилие в соединительном элементе вплоть до его полной разгрузки. Действительно, действие силы, сжимающей соединение, приводит к сближению поперечных сечений, расположенных по разные стороны стыка штанг, что в свою очередь уменьшает силу давления витков резьбы друг на друга. При дальнейшем увеличении силы сжатия, наименее нагруженные витки резьбы начинают отходить друг от друга, и если сила сжатия превысит максимальное усилие в соединении, то это приведет к полной разгрузке соединительного элемента. В этом случае продольное усилие в ударных штангах будет постоянным на всей длине соединения и равно силе сжатия. Заметим, что отход витков резьбы друг от друга возможен только при наличии зазора в резьбе.

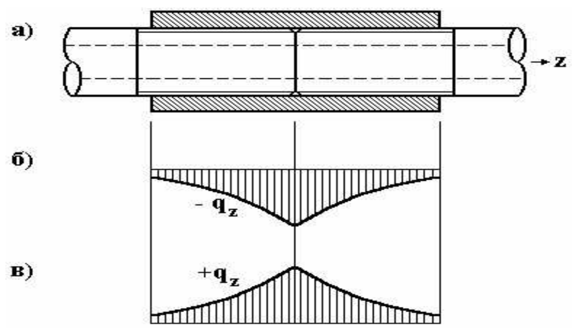


Рис. 2. *Типичная зависимость законов распределения продольной силы q_z по длине соединения*

Рассмотрим теперь взаимодействие элементов соединения при прохождении волны. Необходимо отметить, что длина применяемых на практике соединений мала ($l_c\approx0,15...0,30$ м) по сравнению с длиной распространяющейся волны ($L\approx1...5$ м). Следовательно, волна при своем распространении полностью захватывает соединение.

Обратимся в начале к прохождению волны сжатия. В зависимости от конструкции соединения здесь возможны два случая. Во-первых, если резьба является беззазорной и свинчивание соединения происходит с натягом, то невозможен отход витков резьбы друг от друга и, следовательно, соединительный элемент и буровые штанги ведут себя как единое целое. Расчет прохождения волн через такого рода соединение сводится к расчету по формулам дважды скачка поперечного сечения. Т.е. соединение можно рассматривать просто как участок конечной длины с площадью поперечного сечения, равной сумме площадей штанги и соединительного элемента.

Рассмотрим случай, когда резьба соединения изготовлена с зазорами. Т.к. волна полностью захваты-